

51

Int. Cl. 3:

**G 02 B 5/14**

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



**DE 29 16 961 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift 29 16 961**

21

Aktenzeichen: P 29 16 961.7

22

Anmeldetag: 26. 4. 79

23

Offenlegungstag: 6. 11. 80

30

Unionspriorität:

22 23 31

54

Bezeichnung: Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern

71

Anmelder: Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder: Witte, Hans-Hermann, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München

**DE 29 16 961 A 1**

2916961

-x- VPA

79 P 7 0 5 7 BRD

Patentansprüche:

(1) Ein-Auskoppler in Planartechnik für Multimode-Lichtleitfasern, bei dem die Verbindung zwischen zwei ausgangsseitigen Mantelfasern und mindestens einer eingangsseitigen Mantelfaser durch ein Verbindungselement erfolgt, das an den Koppelstellen stumpf an die Mantelfasern anstößt, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbindungselement aus mindestens zwei Verbindungsfasern (2, 3) ohne oder nur mit sehr dünnem Mantel besteht, daß der Durchmesser dieser Fasern (2, 3) annähernd gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern (1, 4, 5) gewählt ist und daß die Achsen aller Fasern (1-5) in einer Ebene liegen und an Koppelstellen, an denen nur eine Verbindungsfasern (2, 3) ankommt, fluchten.

2. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Mantel der Verbindungsfasern (2, 3) kleiner als 5% des Kerndurchmessers ist.

20 3. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mantelfasern (1, 4, 5) um ihre Manteldicke (d) relativ zu den Verbindungsfasern (2, 3) abgesenkt sind.

030045/0309

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 79 P 7 057 BRD

Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern.

Die Erfindung betrifft einen Ein-Auskoppler in Planartechnik für Multimode-Lichtleitfasern, bei dem die Verbindung zwischen zwei ausgangsseitigen Mantelfasern und mindestens einer eingangsseitigen Mantelfaser durch ein Verbindungselement erfolgt, das an den Koppelstellen stumpf an die Mantelfasern anstößt.

10 Derartige Koppler sind bereits aus der DE-OS 26 25 855 bekannt. Als Verbindungselement dient dabei ein dielektrischer Wellenleiter quadratischen Querschnitts mit einer Kantenlänge, die gleich der Summe aus dem Durchmesser des Faserkerns und der Manteldicke der

15 Mantelfaser ist. Der Wellenleiter besteht aus einem geradlinigen Stück zwischen einer ankommenden und einer weiterführenden Mantelfaser und einem gekrümmten Stück, das mit Versatz an das geradlinige Stück anschließt und zu einem Abzweig führt.

Gdl 1 Bla

030045/0309

Aus dieser Offenlegungsschrift ist ebenfalls bekannt,  
die ankommende und die weiterführende Mantelfaser  
direkt mit Versatz stumpf aufeinanderstoßen zu lassen  
und die Auskopplung zu dem Abzweig über einen gekrümm-  
ten Wellenleiter vorzunehmen.

Es ist auch bereits vorgeschlagen, die ein- und aus-  
gangsseitigen Mantelfasern direkt mit Versatz stumpf  
aufeinanderstoßen zu lassen. Bei all diesen bekannten  
10 Kopplern werden die geometrischen Einfügeverluste an den  
Koppelstellen durch die Fasermäntel erhöht. So können  
sich beispielsweise bei einem Koppler, bei dem die Man-  
telfasern direkt aufeinanderstoßen, die Kerne der bei-  
den ausgangsseitigen Mantelfasern nur bis auf einen  
15 Abstand nähern, der gleich der doppelten Manteldicke ist.  
Das durch die eingangsseitige Faser ankommende Licht,  
das in diese Mantelbereiche übergekoppelt wird, ist prakt-  
isch verloren. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei  
den aus der DE-OS 26 25 855 bekannten Kopplern, wie ins-  
20 besondere die Fig. 2 und 3 sowie 5 und 6 zeigen. Diese  
Einfügeverluste machen sich mit zunehmender Manteldicke  
immer stärker bemerkbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde,  
25 bei Ein-Auskopplern der eingangs genannten Art die geo-  
metrisch bedingten Einfügeverluste auf einfache Art zu  
verringern und damit den Einsatzbereich dieser Koppler  
zu erweitern.

30 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß  
das Verbindungselement aus mindestens zwei Verbindungs-  
fasern ohne oder nur sehr dünnem Mantel besteht, daß  
der Durchmesser dieser Fasern annähernd gleich dem Kern-  
durchmesser der Mantelfasern gewählt ist, und daß die  
35 Achsen all r Fas rn in iner Eb n liegen und an Koppel-

stellen, an denen nur eine Verbindungsfaser ankommt, fluchten. Bei derartigen Kopplern sind die Einfügeverluste unabhängig von der Dicke der Fasermäntel der ein- und ausgangsseitigen Fasern. Diese können daher beliebig dicke Mäntel haben. Das ermöglicht es beispielsweise beim Einsatz derartiger Koppler in Datensystemen, für die ein- und ausgangsseitigen Mantelfasern des Kopl-  
lers die gleichen Fasern zu verwenden wie im Daten-  
system, beispielsweise also Mantelfasern mit einem Kern-  
durchmesser von  $80 \mu\text{m}$  und einem Gesamtdurchmesser von  $125 \mu\text{m}$ . Dadurch vereinfacht sich der Steckeraufbau an der Verbindungsstelle zwischen den Systemfasern und dem Koppler. Wichtig ist in jedem Fall, daß der Gesamtdurch-  
messer (Kerndurchmesser + 2 mal Mantelstärke) der Ver-  
bindungsfasern gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfa-  
sern ist. Stoßen eingangsseitig zwei Verbindungsfasern auf eine Mantelfaser, so wird ein Teil des ankommenden Lichtes in die Mantel der Verbindungsfasern eingekop-  
pelt. Fluchten die Achsen dieser Verbindungsfasern aus-  
gangsseitig mit je einer Mantelfaser, so wird das im Mantel der Verbindungsfasern geführte Licht wieder in den Kern der Mantelfaser eingekoppelt. Es geht somit nicht verloren, wenn man von den geringfügigen Verlusten im Mantel absieht.

25

In Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Mantel der Verbindungsfasern kleiner als 5% des verwen-  
deten Kerndurchmessers ist. Eine bevorzugte Mantel-  
stärke liegt bei den üblichen Kerndurchmessern bei 2  
30 bis  $3 \mu\text{m}$ . Die geometrisch bedingten Einfügeverluste werden bei dieser Mantelstärke am geringsten. Bei Ver-  
bindungsfasern ohne Mantel können zusätzliche Verluste an der Grenzfläche der Faser zur Umgebung auftreten.  
Wegen der kurzen Längen dieser Verbindungsfasern (in der  
35 Größenordnung von 1 cm) fallen diese Verluste praktisch

nicht ins Gewicht. Dieser erfindungsgemäße Koppler lässt sich besonders vorteilhaft in Abzweigen einsetzen, bei denen nur ein geringer Teil des ankommenden Lichtes ausgetrennt werden soll. Die erreichbaren Einfügeverluste sind bei einigen % Auskopplung kleiner als 0,5 dB.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Mantelfasern um ihre Manteldicke relativ zu den Verbindungsfasern abgesenkt sind. Verwendet man beispielsweise als Trägersubstrat Silizium, so lassen sich die entsprechenden Nuten zur Aufnahme der einzelnen Fasern besonders einfach durch Vorzugsätzten herstellen. Mit dieser Technik lassen sich Gräben unterschiedlicher Breite und Tiefe sehr genau erzeugen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zum Höhenausgleich besteht im Unterlegen einer geeigneten Folie in der Dicke des Mantels der Mantelfasern unter die Verbindungsfasern. Ebenso kann eine Folie zur Fixierung der einzelnen Fasern verwendet werden. Fasergräben können dann z.B. in bekannten fotolithografischen Prozessen erzeugt werden. Da diese Folien eine gewisse Elastizität besitzen, kann man die Gräben zunächst etwas schmäler herstellen als der entsprechende Faserdurchmesser ist. Mit etwas Druck lassen sich die Fasern dann in diese Gräben einpressen.

Der erfindungsgemäße Koppler ist nicht auf einen Abzweig beschränkt, bei dem das Licht von einer ankommenen Faser zu einer weiterführenden Faser und zusätzlich zu einem Abzweig gekoppelt wird, sondern er eignet sich ebenso für eine erweiterte Ein-Auskoppel-Struktur, bei der neben der ankommenden Faser eine zusätzliche Ein-koppelfaser vorgesehen ist, deren Licht ebenfalls über

eine weitere Verbindungsfaser beispielsweise in die weiterführende Faser eingekoppelt werden soll.

5 Im Hinblick auf die Anwendung z.B. in Datenbussen in T-Netzstruktur eignen sich die erfindungsgemäßen Koppler besonders, da der Ein- und Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden kann. Dies ist in Datenbusstrecken mit vielen in T-Struktur angeordneten Teilnehmern wichtig, um den anderenfalls erforderlichen großen dynamischen Bereich der Detektoren von mehreren Dekaden ganz drastisch zu reduzieren.

10

15 Im folgenden werden anhand von fünf Figuren zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben und erläutert.

Dabei zeigt Fig.1 einen Koppler mit einer ankommenden, einer weiterführenden und einer Auskoppelfaser.

20 Fig.2 zeigt einen nicht maßstabsgetreuen Längsschnitt durch Fig.1 entlang der Linie A-B.

Fig.3 zeigt die Erweiterung des Koppplers gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur.

25 Die Fig.4 zeigt einen Querschnitt durch den Koppler gemäß der Fig.1 an der Koppelstelle S.

30 Die Fig.5 schließlich zeigt die Transmissions-Koeffizienten zwischen den einzelnen Fasern und die geometrisch bedingten Einfügeverluste an der in der Fig.4 dargestellten Koppelstelle als Funktion des Versatzes a.

35 Die Fig.1 zeigt in Draufsicht eines ersten Ausfüh-

79 P 7 0 5 7 BRD

rungsbeispiels eines Ein-Auskopplers. Eine erste Lichtleitfaser 1 stößt an einer Koppelstelle S gegen zwei Verbindungsfasern 2 und 3, über die eine weiterführende Faser 4 und eine Auskoppelfaser 5 angekoppelt sind. Die 5 Lichtleitfasern 1, 4 und 5 sind dabei Mantelfasern mit relativ dickem Mantel 1', 4', 5'. Die Verbindungsfasern 2 und 3 hingegen bestehen nur aus dem Kern.

Der dargestellte Koppler ist auf einem Substrat (nicht 10 dargestellt) angeordnet. Zur Lagefixierung der einzelnen Fasern auf dem Substrat dienen Anschläge 7 bzw. 8. Anstelle dieser Anschläge können auch Führungsgräben in das Substrat geätzt werden. Die Achsen der Verbindungsfasern 2 und 3 liegen mit der Achse der ankommenden Mantelfaser 1 in einer Ebene. Die Achsen der Verbindungsfasern 2 und der weiterführenden Faser 4 fluchten ebenso wie die Achsen der Verbindungsfasern 3 und der Auskoppelfaser 5. Der Durchmesser der Verbindungsfasern (2, 3) 15 ist gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern (1, 4, 5) 20 gewählt. Die Verbindungsfasern können auch einen dünnen Mantel besitzen. Dann muß der Gesamtdurchmesser dieser Fasern gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern sein.

25 Fig.2 zeigt einen Längsschnitt durch den Koppler entlang der Linie A-B. Zusätzlich ist das Substrat 12 ange- deutet, das beispielsweise aus Glas, Silizium oder aus Kunststoff bestehen kann. Auf diesem Substrat liegt die ankommende Mantelfaser 1 und die Auskoppelfaser 5. Zwischen beiden befindet sich die Verbindungsfasere 3. Da- 30 mit die geometrischen Einfügeverluste möglichst klein sind, ist die Verbindungsfasere 3 um die Manteldicke der Mantelfasern 1 bzw. 5 angehoben worden. Dies geschieht durch Unterlegen einer Folie 9 mit der Dicke der Faser- 35 mäntel.

Die Fig.3 zeigt eine Erweiterung des Ausführungsbeispiels gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. In diesem erweiterten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich eine Einkoppelfaser 10 vorgesehen – ebenfalls eine Mantelfaser mit einem Mantel 10' –, die durch eine weitere Verbindungsfasern 11 ohne Mantel mit der weiterführenden Faser 4 in Verbindung steht. Der Durchmesser der einzelnen Fasern und ihre Höhe sind ebenso wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.1 so gewählt, daß die geometrischen Einfügeverluste möglichst klein werden. Mit 7 und 8 sind wiederum Anschlüsse für die Lagefixierung der Fasern angedeutet.

15 Das Licht kann sich in den Kopplern gemäß dieser beiden Ausführungsbeispiele entsprechend den Pfeilen an den Lichtleitfasern 1, 4, 5 und 10 fortpflanzen. Der Koppeler gemäß der Fig.1 dient dann als Auskoppler. Ebenso ist es jedoch möglich, die Ausbreitungsrichtung des Lichtes umzukehren. Wie besonders deutlich am Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.3 zu ersehen ist, können der Ein- bzw. der Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden.

25 Fig.4 zeigt im Querschnitt den Koppler gemäß der Fig.1 an der Koppelstelle S. Wiederum sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Kern der ankommenen Faser 1 und die Verbindungsfasern 2 und 3 besitzen den gleichen Radius  $r_K$ . Die ankommende Faser 1 besitzt einen Mantel 1' der Dicke d. Wie man dieser Figur entnehmen kann, können sich die lichtführenden Verbindungsfasern berühren, so daß eine maximale Überkopplung des ankommenden Lichtes möglich ist.

35 Die geometrischen Transmissions-Koeffizienten von der

ankommenden Faser 1 zur weiterführenden Faser 4,  $\gamma_{12}$ , sowie von der ankommenden Faser 1 zur abzweigenden Faser 5,  $\gamma_{13}$ , ergeben sich aus einfachen geometrischen Überlegungen als Verhältnis der sich überlappenden Flächen

5  $F_2$  bzw.  $F_3$  zur gesamten Kernfläche. Zur besseren Kenntlichmachung sind die Flächen  $F_2$  und  $F_3$  mit einer durchgehenden Schraffur versehen. Die Berechnung kann gleichermaßen wie bereits bei den Kopplern der DE-OS 26 25 855 vorgenommen werden. Die Transmissions-Koeffizienten  
 10 ebenso wie der geometrisch bedingte Gesamtverlust ergeben sich als Funktion des Versatzes  $a$ . Der Gesamtverlust  $v_g$  bestimmt sich zu

$$v_g = 1 - (\gamma_{12} + \gamma_{13}).$$

15

Wie dieser Fig.4 deutlich zu entnehmen ist, würden die für die Größe der Überkopplung verantwortlichen Flächen  $F_2$  und  $F_3$  sehr viel kleiner, wenn die Fasern 2 und 3 ebenso wie die ankommende Faser 1 mit einem dicken Mantel umgeben wären.

In der abschließenden Fig.5 sind die Transmissions-Koeffizienten  $\gamma_{12}, \gamma_{13}$  und der geometrisch bedingte Gesamtverlust  $v_g$  für einen Koppler gemäß dem Ausführungsbeispiel der Fig.1 mit Kerndurchmessern von 100  $\mu\text{m}$  als Funktion des Versatzes  $a$  dargestellt. Auf der Abszisse ist der Versatz  $a$  in  $\mu\text{m}$  aufgetragen, auf der Ordinate in % die Transmissions-Koeffizienten oder der Gesamtverlust.

30 Wie man im Zusammenhang mit der Fig.4 leicht ersehen kann, fallen bei einem Versatz  $a = 0$  die Kernfläche der ankommenden Faser 1 und die Fläche der Verbindungsfaser 2 zusammen, d.h. das ankommende Licht wird vollständig in die weiterführende Faser 4 übergeleitet.  
 35 Der Transmissions-Koeffizient  $\gamma_{12}$  ist 1 oder 100%. In

die Auskoppelfaser wird in diesem Fall selbstverständlich nichts übergekoppelt; der Transmissions-Koeffizient  $\gamma_{13}$  ist somit 0. Geometrisch bedingte Einfügeverluste können nicht auftreten, der geometrische Gesamtverlust 5  $v_g$  ist ebenfalls 0. Mit zunehmendem Versatz  $a$  nimmt der Transmissions-Koeffizient  $\gamma_{12}$  ab und der Transmissions-Koeffizient  $\gamma_{13}$  zu. Gleichzeitig nehmen die Gesamtverluste zu. Entspricht der Versatz  $a$  dem halben Kerndurchmesser, so sind die beiden Flächen  $F_2$  und  $F_3$  10 gleich groß. Bei weiter steigendem Versatz kehren sich die Verhältnisse um.

Wie man der Fig.5 entnehmen kann, eignet sich dieser Ein-Auskoppler gemäß der Fig.1 besonders für Abzweige mit 15 geringer Auskopplung.

Bei den dargestellten Ausführungsbeispielen wurden stets Verbindungsfasern ohne Mantel verwendet. Ähnlich günstige Verhältnisse sind ebenfalls mit Verbindungsfasern mit 20 Mantel zu erzielen, solange die Dicke dieser Fasermantel sehr klein im Vergleich zum Faserkerndurchmesser ist.

3 Patentansprüche

5 Figuren

2916961

Nummer: 29 16 961  
Int. Cl.2: G 02 B 5/14  
Anmeldetag: 26. April 1979  
Off. Anlegungstag: 6. November 1980

- 13 - 79 P 7 057 BRD

1/3

FIG 1

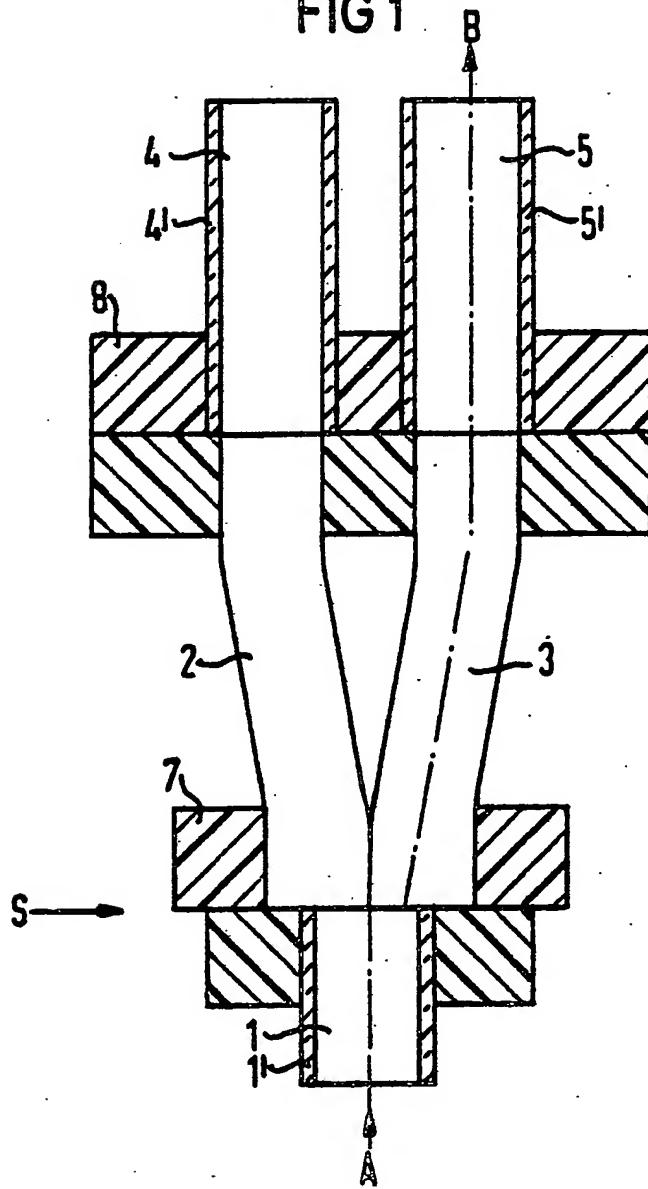
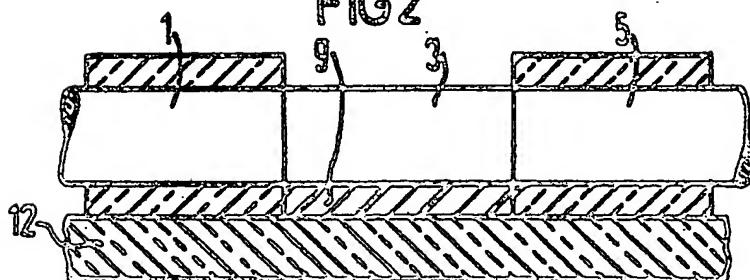


FIG 2



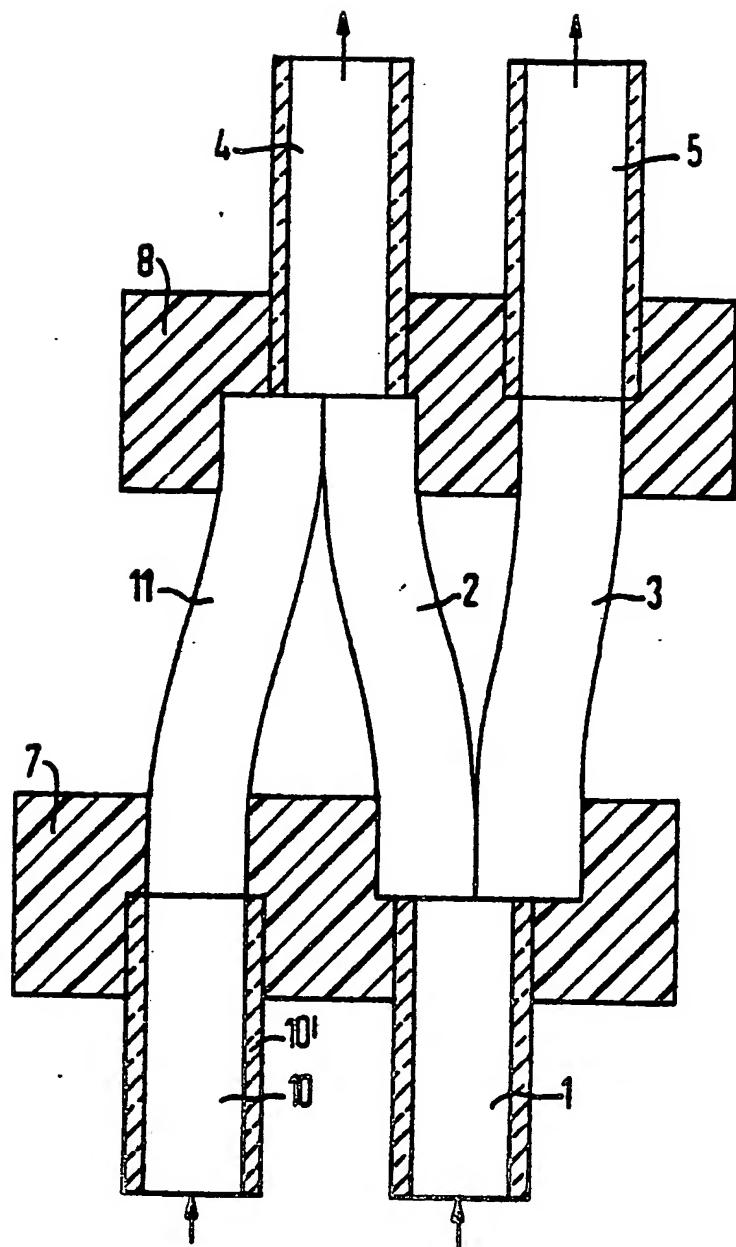
030045/0309

2916961

- 11 -

78 P7057 BRD 2/3

FIG 3



030045/0309

